

AperTO - Archivio Istituzionale Open Access dell'Università di Torino

Trent'anni di Abissi di Ghiaccio

This is the author's manuscript

Original Citation:

Availability:

This version is available <http://hdl.handle.net/2318/1552717> since 2016-02-03T17:02:10Z

Terms of use:

Open Access

Anyone can freely access the full text of works made available as "Open Access". Works made available under a Creative Commons license can be used according to the terms and conditions of said license. Use of all other works requires consent of the right holder (author or publisher) if not exempted from copyright protection by the applicable law.

(Article begins on next page)

Trent'anni di abissi di ghiaccio

La glaciopspeleologia si muove in un ambiente effimero e mutevole, di straordinaria bellezza. Decenni di ricerche esplorative e scientifiche hanno rivelato la struttura profonda dei ghiacciai e la loro particolare idrologia. La parola a uno dei protagonisti, speleologo e Professore Associato in Fisica Sperimentale al Politecnico di Torino

di Giovanni Badino

Non fu facile convincermi ad andare nelle grotte di ghiaccio. Mario, compagno di esplorazioni in quelle di pietra, me ne decantava gli aspetti interessanti e il fatto che, esplorandole, saremmo usciti dai limiti del mondo delle montagne calcaree. Mah! Frequentavo gli ambienti del Soccorso Alpino, in particolare al rifugio Monzino, e avevo fatto diverse discese nei crepacci nei ghiacciai che lo coronano. «Bellini, sì, ma non vanno da nessuna parte, da qui alle grotte vere ne passa ...», avevo pensato.

Aveva però convinto Leonardo, un altro compagno di esplorazioni nelle Apuane, e lui ne era stato così entusiasta che alla fine mi ero lasciato trascinare sul ghiacciaio del Gorner.

Esplorammo il pozzo che avevano dedicato a Louis Agassiz, il padre della glaciologia. Negli anni successivi, via via che capivamo come funzionava il processo di formazione e che intanto il Gorner, assottigliandosi, rallentava, quel pozzo che lì si riformava ogni anno divenne il C1, sempre più marginale e modesto. Ma in quell'anno era straordinario, un fusoi di 90 metri di profondità che diventava una ripida forra sino ad entrare in una pozza d'acqua. La discesa era strabiliante, di bellezza indescrivibile. Finalmente capii di cosa parlavano, e passai dalla parte opposta, a convincere altri ad occuparsi del problema. Inutilmente.

Nei decenni successivi trascinammo molte persone su ghiacciai alpini e poi in ogni parte del mondo, dal Karakorum all'Islanda, dall'Antartide all'Artide, ma scoprimmo presto che chi partecipava era interessato a viaggi eccezionali, non alla forma dell'interno dei ghiacciai. Tornato a casa si dedicava ad altro. Avere la testa scavata dal flusso delle acque subglaciali è un privilegio – o una dannazione – di pochi

speleologi. E non certo per le difficoltà tecniche, spesso estreme, le faticate, normalmente tremende, o i rischi, a volte davvero grandi.

Il guaio delle grotte nei ghiacciai è la loro scala temporale.

Le montagne fanno parte della realtà fisica in un modo tanto stabile che solo da meno di due secoli si è capito che anch'esse si muovono, emergono e affondano: ma lo fanno con una scala temporale tanto più vasta di quella delle nostre vite da parerci eterne e immutabili. In realtà le catene montuose sono le gigantesche ondate di un oceano in gran tempesta, pietrificato dalla nostra istantanea visione; ma è proprio grazie alla nostra rapidità che riteniamo sensato comperare terreni, conquistare territori, anettere paesi.

La speleologia condivide questa cultura umana di “possesso” di territori tribali e quindi si vanta di esplorazioni, di avanzata nell'ignoto geografico. In fondo al cuore degli speleologi, anche di quelli più alternativi, cova l'ansia di conquista che ha spinto migliaia di generazioni di uno strano tipo di primati a invadere il mondo, dal centro dell'Africa sino all'estremo sud dell'America e alla più remota isola polinesiana, mentre intanto le montagne mutavano di un nonnulla. Gli speleologi trovano immensi territori inesplorati appena dietro casa e si appassionano sino a spendere la vita nella loro ricerca. Vagano in quelle terre prive di luce, nei mondi dove nel buio si riuniscono le acque che più a valle usciranno a giorno da qualche anfratto circondato di magia. Esplorano i fiumi a monte delle loro sorgenti. Ma spesso dentro di loro c'è il desiderio della conquista territoriale, non dell'escursione o della bella domenica con gli amici. C'è il desiderio di trovare la “mia grotta”, e se la trovano è solo essa che conta,

La Fisica dei Buchi nell'Acqua, come la chiamammo, apriva le porte al mondo fluttuante delle grotte glaciali. Capimmo che erano sì effimere, ma si riformavano negli stessi punti del ghiacciaio, stagionalmente, o perfino più di frequente se il ghiaccio scorreva in fretta. Ma le vedemmo anche paralizzarsi col ghiacciaio quando le vicende climatiche lo arrestavano, come è avvenuto col Gorner negli ultimi decenni.

non il mondo sotterraneo in generale.

Quando iniziammo le esplorazioni, le grotte nel ghiaccio ci apparvero molto diverse. Erano strutture che si formavano nel corso di una stagione, cambiavano aspetto e profondità nel giro di settimane, quindi non erano un vero e proprio territorio da conquistare, perché ci svanivano fra le dita: e non potevamo ramponare due volte lo stesso ghiaccio. Era così forte l'impressione di effimero che per anni ci curammo ben poco dei rilievi, che dovevano limitarsi a documentare la profondità raggiunta sotto la superficie. Fu solo dopo, quando pian piano cercammo di capire nel dettaglio come si formavano, che cominciammo a vederne non solo la meravigliosa forma, ma la loro essenza.

Erano formate dai torrenti esterni che entravano nel ghiacciaio nelle zone dove gli sforzi cui era sottoposta la sua massa cessavano di essere compressivi: un po' prima di spalancare crepacci (grotte tettoniche, ben diverse e non interessanti), dove i torrenti si sarebbero dispersi in mille rivoli inefficienti, l'acqua riusciva a penetrare. Nelle prime decine di metri l'energia del torrente fondeva le pareti allargando i baratri in cui piombavano. Più sotto invece andava prevalendo la strana meccanica del ghiaccio, che è un materiale dalle caratteristiche straordinarie, soprattutto in prossimità di 0 °C (ghiaccio temperato): a basse pressioni si comporta come roccia, ad alte come un fluido che diventa rapidamente meno viscoso via via che la pressione sale. Quindi gli ambienti si andavano stringendo in profondità, in modo misurabile da un giorno all'altro.

La Fisica dei Buchi nell'Acqua, come la chiamammo, apriva le porte al mondo fluttuante delle grotte glaciali. Capimmo che erano sì effimere, ma si riformavano negli stessi punti del ghiacciaio, stagionalmente, o perfino più di frequente se il ghiaccio scorreva in fretta, come in Patagonia. Ma le vedemmo anche paralizzarsi col ghiacciaio quando le vicissitudini climatiche lo arrestavano, come è avvenuto col Gorner negli ultimi decenni.

Fiero di questa scoperta, in un articolo per *Le Scienze* (372, 1999) scrissi: «Ne derivava che esse sono strutture stabili come il gorgo in un fiume, fatto di acque sempre nuove: quando il ghiaccio arriva in quel punto assume la forma di una grotta, sempre più o meno quella.»

Solo alcuni anni dopo, scrivendo la storia della loro scoperta da parte dei naturalisti dell'Ottocento (www.nimbus.it/meteoshop/Estratti/Nimbus/2326mulini.pdf) scoprii che non eravamo i primi ad aver capito il loro comportamento. Costoro utilizzarono le grotte glaciali per dimostrare che i ghiacciai scorrevano e che erano stati loro a scavare tante valli e a portare giù i massi erratici e le immense morene sulla fronte delle valli alpine.

Insomma, che erano stati questi “Aratri di Dio”, come li chiamò Louis Agassiz, a dare forma ai territori alpini e delle alte latitudini. Lo scozzese James Forbes, uno dei primi glaciologi, fece descrizioni particolarmente acute, e riguardo alle grotte glaciali scrisse nel 1859 (*Occasional Papers on the Theory of Glaciers*): «(Il comportamento di una lingua di ghiaccio) è, in questo senso, assolutamente paragonabile all'acqua di un fiume, che ha qui le sue pozze profonde, lì i suoi costanti mulinelli, cambiando continuamente nella sostanza, ma sempre con la stessa forma». Le grotte nel ghiaccio sono vortici pietrificati: ero stato preceduto di 140 anni, e quasi con le stesse parole.

Ma a quel punto diventava chiaro che l'analisi della struttura di queste grotte autoreplicantesi ci poteva dare informazioni sulla struttura del ghiacciaio stesso, e che le grotte ne potevano descrivere l'evoluzione “vitale”. Pian piano andava quindi apparendo che quella che avevamo considerato un'avventura estetica aveva ben altro rango conoscitivo, e che avevamo perso molti treni nel prendere sottogamba quel che esploravamo.

Il quadro che emergeva era il seguente. I fiumi epiglaciali scorrevano sino ai margini delle zone in compressione del ghiaccio, e lì si inabissavano. Dalla primavera all'autunno arrivavano a scavare pozzi sino a 50-70 m di profondità, più ampi nelle prime parti, dove la pressione glaciostatica era minore, e via via più stretti in profondità. Da lì, spesso, iniziavano imponenti forre, strette in alto ma più ampie alla base, dove il torrente scorreva in piccoli salti e



La misteriosa dinamica delle acque glaciali

All'interno dei grandi ghiacciai temperati esistono reticoli di drenaggio che trasportano le acque di fusione dalla superficie sino alle fronti glaciali. A differenza di quel che avviene nelle montagne calcaree, questi reticoli non sono permanenti, ma si riformano via via che il ghiacciaio avanza, grosso modo negli stessi punti rispetto al letto roccioso, come vortici in un fiume. Le grotte nella roccia sono memorie di epoche antiche, quelle nei ghiacci si riformano anno dopo anno.

I ghiacciai non hanno memoria.

La presenza di questi reticoli getta luce su certi misteriosi comportamenti dei ghiacciai, che già in passato erano state attribuiti al collasso di ignote strutture interne, come piene improvise d'acqua o grandi accelerazioni della velocità di scorrimento. Effettivamente adesso comprendiamo, ad esempio, come un forte rallentamento della velocità di flusso, indotto ad

esempio dalla riduzione dell'alimentazione, possa provocare la concentrazione dello scavo carsico negli stessi punti del ghiacciaio, anno dopo anno, sino a creare strutture subglaciali così grandi da crollare su sé stesse. Ma è prevedibile che gli studi sul carsismo glaciale riserveranno sorprese soprattutto nel caso di ghiacciai subpolari, che in genere hanno il ghiaccio a temperature inferiori allo zero. In quei casi la formazione di grotte è molto più difficile che non nei ghiacciai temperati, ma quando si formano tendono a riscaldare il ghiaccio che attraversano e a portare acqua nelle sue profondità, destabilizzando l'intera lingua glaciale.

Si tratta quindi di fenomeni molto interessanti per capire le modalità con cui gli Aratri di Dio fondono e tornano al mare, ma soprattutto per comprendere quali conseguenze hanno su di essi i cambiamenti climatici in corso.



brevi tratti suborizzontali, sinché a quote intorno ai 100-140 m di profondità il torrente spariva in una pozza azzurra. E dopo? Ci dovevano essere gallerie subglaciali di drenaggio ma esplorarle si rivelò complicatissimo, anche se a volte riuscimmo a vedere brevi tratti di quelle gallerie occasionalmente abbandonate dall'acqua.

Ci riuscimmo meglio con il calcolo numerico. Erano calcoli complicati, che richiedevano dettagli delle strane – e variabili – caratteristiche meccaniche del ghiaccio, la termodinamica dell'acqua, perdite di carico, pressioni e così via. Emerse che sotto quelle quote dovevano esistere reticoli di gallerie sub-metriche, forme di equilibrio fra l'acqua che scorrendo fondeva le pareti e il ghiaccio che premeva su di essa, ostruendone il cammino.

Dai calcoli emerse che quando il flusso si arrestava, in autunno, il ghiacciaio doveva crollare su questi reticoli profondi e spingere l'acqua in su, sino ad una ventina di metri dalla superficie. Questo era finalmente qualcosa di verificabile: alcuni gelidi giri in sci sul Gorner, d'inverno, ci confermarono che le grotte ancora accessibili chiudevano poco sotto la superficie su terrificanti pavimenti di neve che galleggiavano su laghi profondissimi.



A metà anni '90 il quadro complessivo del carsismo glaciale “classico” era quindi abbastanza chiaro.

Ma c'era dell'altro. Intanto avevamo modellato soprattutto il ghiaccio a 0 °C, che è un materiale dal comportamento sin troppo particolare. E quando era più freddo, e quindi più rigido e asciutto, cosa succedeva? I ghiacciai freddi, sulle Alpi, sono ad alta quota e troppo ripidi e piccoli per formare grotte, quindi cambiamo latitudini, e andammo più volte in ricognizione alle Svalbard e poi in Antartide, scoprendo che si formavano dei reticoli di drenaggio “sospesi” sul ghiaccio freddo, relativamente epidermici. Per poi trovare, nelle profondità del continente antartico, altri vasti tipi di grotte glaciali che si formavano per sublimazione, senza presenza di acqua liquida...

Ma c'era ancora dell'altro. Non tutti i processi che portavano alla formazione delle grotte erano autostabilizzanti. Alcuni tendevano ad amplificarsi e questo forse poteva spiegare certi misteriosi comportamenti dei ghiacciai, dalle piene improvvise per la liberazione dell'acqua accumulatasi in saloni sub-glaciali (*jökulhlaup*), alle improvvise avanzate dell'intero ghiacciaio per il collasso del reticolo di drenaggio profondo (*surge*).

Insomma, avevamo iniziato per estetica, continuato perché avevamo finalmente trovato una speleologia senza conquista in effimere grotte di un mondo fluttuante, e ci siamo trovati ad avanzare in una bizzarra miniera d'oro di complessi risultati scientifici, che abbiamo appena iniziato a sondare.



GRAND BALCON NORD, CHAMONIX-MONT BLANC, FRANCIA

45° 52' N 6° 53' E

// ESPERIENZA
MADE BY ZEISS

L’attimo in cui un’immagine diventa indimenticabile.
Questo è l’attimo per cui lavoriamo.

La Natura è molto più di ciò che vediamo ad occhio nudo. Il nostro compito è di rendere vivibili questi momenti. Da più di 165 anni lavoriamo per rivelare miracoli nascosti, con curiosità e creatività, imponendo nuovi standard con i nostri prodotti innovativi. I nuovi TERRA ED 32 forniscono immagini ultra-nitide e, grazie alle dimensioni compatte, sanno essere sempre nel posto giusto al momento giusto.

Scopri il mondo di ZEISS.
www.zeiss.com/sports-optics



**Esplora il mondo con gli occhi aperti:
I nuovi TERRA ED 32.**



Distributrice ufficiale: BIGNAMI SPA | tel. 0471 803000 | www.bignami.it



We make it visible.